

APLICAÇÃO DO MÉTODO PBL NO ENSINO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Priscila Bayer de Oliveira Simões

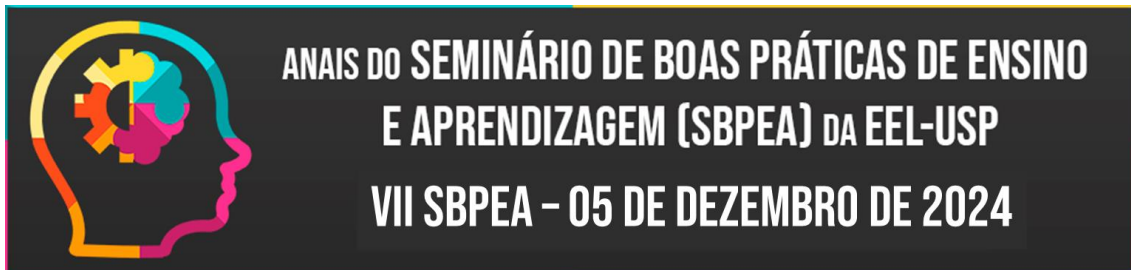
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (priscilabayer@usp.br)

Mauro de Mesquita Spinola

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (mauro.spinola@usp.br)

Marco Aurélio de Mesquita

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (marco.mesquita@poli.usp.br)



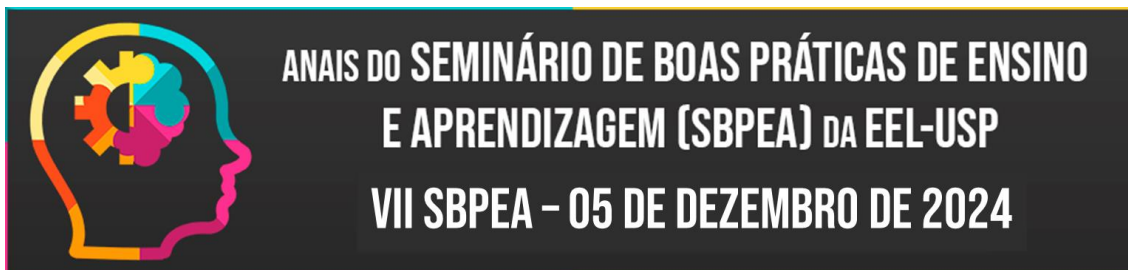
Resumo

A Engenharia de *Software* enfrenta desafios para formar profissionais alinhados ao dinamismo do mercado. Métodos tradicionais de ensino, focados em aulas expositivas e provas, podem ser insuficientes para preparar alunos para as demandas modernas do desenvolvimento de *software*. Nesse contexto, a Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL) surge como uma metodologia inovadora que envolve os estudantes em projetos práticos, melhorando desempenho, motivação e o desenvolvimento de habilidades como trabalho em equipe e resolução de problemas, além de habilidades técnicas. Este artigo revisa a literatura sobre o uso da PBL no ensino de Engenharia de *Software*, explorando duas questões: como tem evoluído e quais os ganhos do PBL. A pesquisa identificou benefícios como o desenvolvimento de soft skills, a aplicação prática do conhecimento, maior engajamento e melhoria no aprendizado. A análise também destaca a crescente produção acadêmica sobre o tema desde 2022.

Palavras-chave: *Project-Based Learning*, Ensino de Engenharia de *Software*, Revisão de Literatura, Análise de Conteúdo, Bibliometria.

Abstract

Software Engineering faces challenges in training professionals aligned with the dynamic demands of the market. Traditional teaching methods, focused on lectures and exams, may be insufficient to prepare students for the modern demands of software development. In this context, Project-Based Learning (PBL) emerges as an innovative methodology that engages students in practical projects, improving performance, motivation, and the development of skills such as teamwork and problem-solving. This article reviews the literature on the use of PBL in Software Engineering education, exploring two questions: the evolution of research and the gains from applying PBL. The research identified benefits such as the development of soft skills, the practical application of knowledge, increased engagement, and improved learning. The analysis also highlights the growing academic output on the topic since 2022.



Keywords: Project-Based Learning, Software Engineering Education, Literature Review, Content Analysis, Bibliometrics.

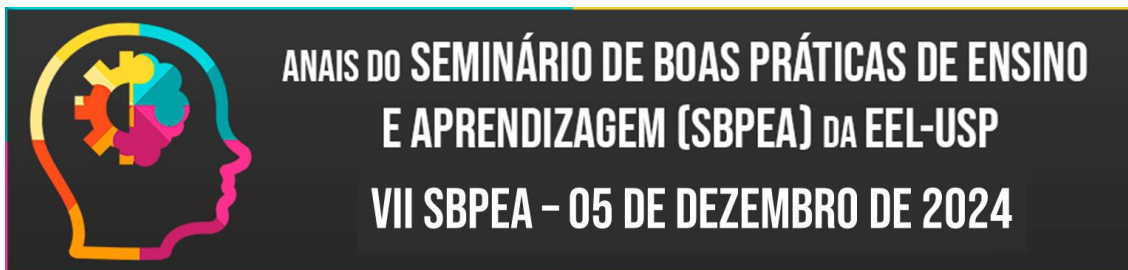
Resumen

La Ingeniería de Software enfrenta desafíos para formar profesionales alineados con el dinamismo del mercado. Los métodos tradicionales de enseñanza, enfocados en clases expositivas y exámenes, pueden ser insuficientes para preparar a los estudiantes para las demandas modernas del desarrollo de software. En este contexto, el Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL) surge como una metodología innovadora que involucra a los estudiantes en proyectos prácticos, mejorando el rendimiento, la motivación y el desarrollo de habilidades como el trabajo en equipo y la resolución de problemas. Este artículo revisa la literatura sobre el uso del PBL en la enseñanza de la Ingeniería de *Software*, explorando dos cuestiones: la evolución de la investigación y los beneficios de la aplicación del PBL. La investigación identificó beneficios como el desarrollo de habilidades blandas, la aplicación práctica del conocimiento, un mayor compromiso y una mejora en el aprendizaje. El análisis también destaca la creciente producción académica sobre el tema desde 2022.

Palabras clave: Aprendizaje basado en Proyectos, Enseñanza de Ingeniería de *Software*, Revisión de Literatura, Análisis de contenido, Bibliometría.

1. INTRODUÇÃO

A Engenharia de *Software*, em um cenário em constante evolução, enfrenta desafios significativos relacionados à formação de profissionais capazes de acompanhar o dinamismo do mercado. A metodologia de ensino tradicional, que muitas vezes se baseia em aulas expositivas e provas, pode não ser eficiente no preparo dos alunos para as complexidades envolvidas no desenvolvimento moderno de *software*. Neste contexto, a *Project-Based Learning* (PBL) (do inglês, Aprendizagem Baseada em Projetos) emergiu



como uma abordagem inovadora que promove uma experiência educacional mais interativa e prática, em que os alunos participam de projetos reais ou simulados que refletem desafios do mundo profissional.

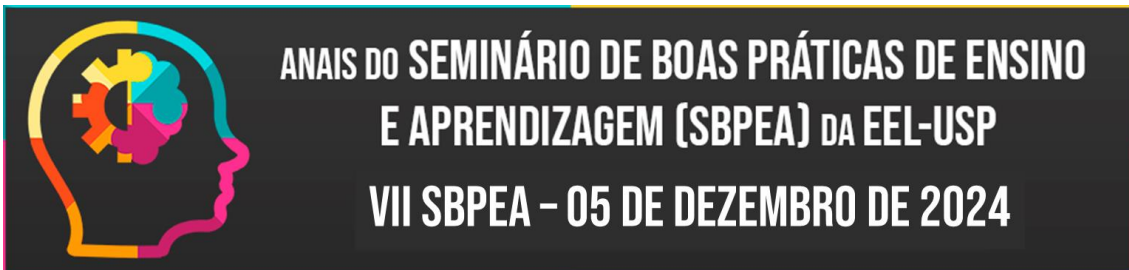
De acordo com Bell (2010), alunos que participam de cursos baseados em PBL têm melhor desempenho em testes do que os em métodos tradicionais. Além disso, apresentam maior envolvimento e motivação, o que promove um aprendizado mais profundo e o desenvolvimento de habilidades tais como o trabalho em equipe, comunicação, gerenciamento de conflitos e resolução de problemas complexos. Assim, a PBL melhora o desempenho acadêmico e prepara melhor os alunos para desafios futuros. A participação em projetos permite que os alunos experimentem todo o ciclo de vida do desenvolvimento de *software*, o que é fundamental para a formação de profissionais preparados para o mercado de trabalho. Tal abordagem já havia sido realizada por Blumenfeld et al. (1991), que destacam que a PBL ajuda os estudantes a desenvolverem habilidades de resolução de problemas e de colaboração, promovendo uma visão mais ampla e integradora do processo de aprendizagem.

Conforme apresentado nas próximas seções, os ganhos na aplicação da PBL são amplamente documentados na literatura. O aprendizado torna-se mais significativo pois os alunos são desafiados a aplicar o conhecimento em contextos práticos. Além disso, a PBL fomenta a motivação e o engajamento dos estudantes pois oferece a oportunidade de trabalhar em projetos que refletem seus interesses e aspirações. A abordagem também estimula a autoavaliação e a reflexão crítica, essenciais para o aprimoramento contínuo.

Este artigo propõe-se a realizar uma revisão de literatura sobre a aplicação da PBL no ensino de Engenharia de *Software*. As questões de pesquisa são as seguintes:

QP1: Qual tem sido a evolução da pesquisa ao longo dos anos, principais *journals* e autores referentes à adoção da PBL no ensino de engenharia de *software*?

QP2: Quais são os ganhos obtidos pela aplicação da PBL no ensino de engenharia de *software*?



Por meio desta investigação, além de enriquecer a literatura existente, busca-se estimular ideias práticas para educadores e instituições que buscam aprimorar suas abordagens pedagógicas, garantindo que seus alunos estejam melhor preparados para os desafios do mercado de trabalho contemporâneo. Foi constatado, conforme apresentado posteriormente, que existe carência de artigos de revisão recentes sobre PBL e engenharia de *software*.

Este artigo está estruturado em seções. São elas: Fundamentação Teórica, na qual são apresentadas as definições para os principais termos; Método, onde é descrita a metodologia utilizada na elaboração da pesquisa, Resultados e Discussão e, finalmente, Considerações Finais.

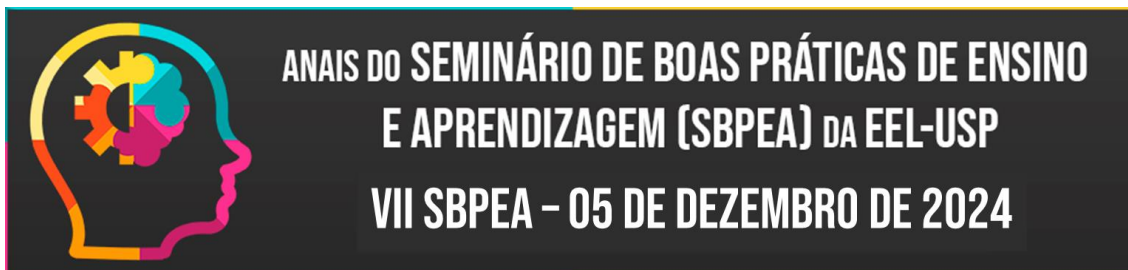
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são apresentados os conceitos básicos sobre a PBL na engenharia de *software* e os artigos de revisão correlatos. Os conceitos básicos apresentados são “ensino de engenharia”, “competências no ensino de engenharia de software”, “aprendizagem ativa”, “*Project-Based Learning*” e “artigos de revisão correlatos anteriores”.

2.1 Ensino de engenharia

O ensino de engenharia tem passado por transformações significativas nas últimas décadas, em grande parte impulsionadas pela crescente demanda por profissionais com habilidades não apenas técnicas, mas também sociais e colaborativas. Felder & Brent (2005) destacam que o ensino de engenharia deve ir além da mera transmissão de conhecimentos técnicos, incorporando metodologias que ajudem os alunos a desenvolverem habilidades de resolução de problemas, criatividade e trabalho em equipe.

O uso de métodos ativos e baseados em projetos no ensino de engenharia de *software*, especificamente, também atende à necessidade de formar profissionais que saibam lidar com a incerteza e com problemas complexos e dinâmicos. Segundo Crawley et al. (2014), o modelo tradicional de ensino, com foco exclusivamente em aulas expositivas e provas, não prepara adequadamente os estudantes para os desafios do ambiente profissional, onde as soluções de engenharia são raramente óbvias ou simples.



2.2 Competências no ensino de engenharia de software

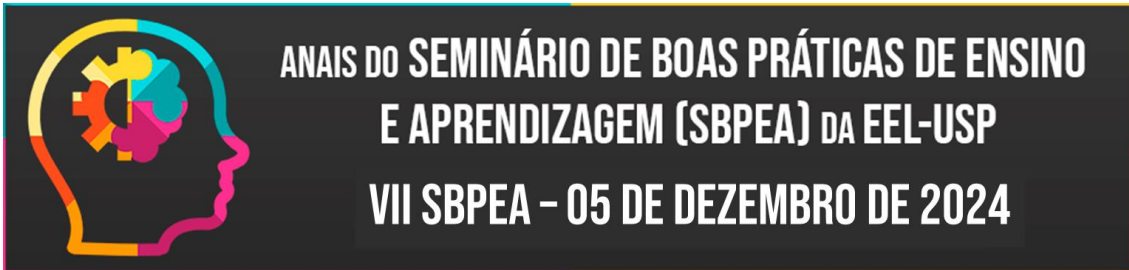
As competências necessárias para o sucesso na engenharia de *software* vão além do conhecimento técnico. Em um mercado cada vez mais globalizado e interconectado, os engenheiros de *software* precisam ser proficientes não apenas em linguagens de programação e tecnologias específicas, mas também em comunicação, colaboração, liderança e pensamento crítico. Shuman et al. (2005) sugerem que as competências interpessoais e de gestão são tão importantes quanto as habilidades técnicas para o profissional de engenharia.

2.3 Aprendizagem ativa

A aprendizagem ativa é uma abordagem pedagógica que coloca o estudante no centro do processo de aprendizado, estimulando sua participação e engajamento. Diferente do modelo tradicional, em que o aluno apenas recebe informações, a aprendizagem ativa incentiva os alunos a interagirem por meio de atividades práticas, discussões e resolução de problemas, o que promove a construção do conhecimento de forma colaborativa. De acordo com Prince (2004), a aprendizagem ativa melhora significativamente a retenção do conhecimento, o desenvolvimento de habilidades cognitivas avançadas e o desempenho acadêmico em diversas áreas, especialmente nas engenharias. Freeman et al. (2014) conduziram uma meta-análise abrangente que revelou que os alunos submetidos a metodologias ativas em disciplinas de ciências, tecnologia, engenharia e matemática (STEM) apresentam um desempenho superior em comparação aos que seguem abordagens tradicionais.

No ensino de engenharia de *software*, a aprendizagem ativa é particularmente relevante, pois fomenta um ambiente de experimentação e aplicação prática de conceitos abstratos. A natureza dinâmica e multifacetada da área exige que os estudantes desenvolvam não apenas conhecimentos teóricos, mas também habilidades práticas de resolução de problemas e adaptação às rápidas mudanças tecnológicas.

2.4 *Project-Based Learning*

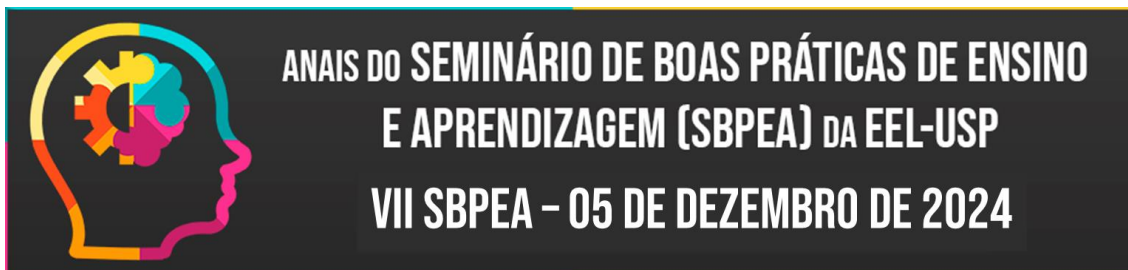


A PBL é uma estratégia pedagógica amplamente utilizada no ensino de engenharia que está intimamente relacionada à aprendizagem ativa. Na PBL, os estudantes aprendem enquanto desenvolvem projetos práticos, trabalhando de forma colaborativa para resolver problemas complexos e aplicando diretamente os conceitos aprendidos. Segundo Hmelo-Silver (2004), a PBL oferece um ambiente de aprendizado autêntico, no qual os alunos enfrentam problemas reais e interdisciplinares, algo que simula os desafios do mundo profissional. A PBL é especialmente eficaz no contexto da engenharia de *software* porque os projetos frequentemente envolvem o desenvolvimento de aplicações que exigem habilidades técnicas e interpessoais, tais como a colaboração em equipe, o pensamento crítico e a gestão de tempo.

A PBL é uma abordagem educacional que se fundamenta na realização de projetos práticos como principal meio de aprendizagem. Esta metodologia é amplamente reconhecida por sua capacidade de engajar os alunos em um processo ativo de construção do conhecimento, promovendo o desenvolvimento de habilidades críticas, como resolução de problemas, colaboração e pensamento (Barron & Darling-Hammond, 2008).

A PBL foi formalmente introduzida na educação por John Dewey, que enfatizava a importância da experiência prática no aprendizado. Dewey defendia que a aprendizagem deveria ser centrada no aluno, envolvendo-o ativamente no processo educativo (Dewey, 1991). Desde então, a PBL evoluiu e se estabeleceu como uma prática pedagógica efetiva em diversas disciplinas, incluindo a Engenharia de *Software*. Tal método permite que os alunos se envolvam em situações que simulam desafios do mundo real, incentivando a aplicação de teorias e conceitos em contextos práticos (Thomas, 2000).

Além disso, a PBL encoraja o aprendizado profundo e o desenvolvimento de habilidades de metacognição, à medida que os alunos precisam refletir continuamente sobre o processo de resolução de problemas, ajustando suas estratégias conforme necessário. Isso está alinhado com o conceito de "aprendizado por fazer", onde os estudantes constroem o conhecimento por meio da aplicação prática de conceitos e da interação direta com problemas concretos, algo destacado por Kolodner et al. (2003) como sendo central no desenvolvimento dos futuros engenheiros.



2.5 Artigos de revisão correlatos anteriores

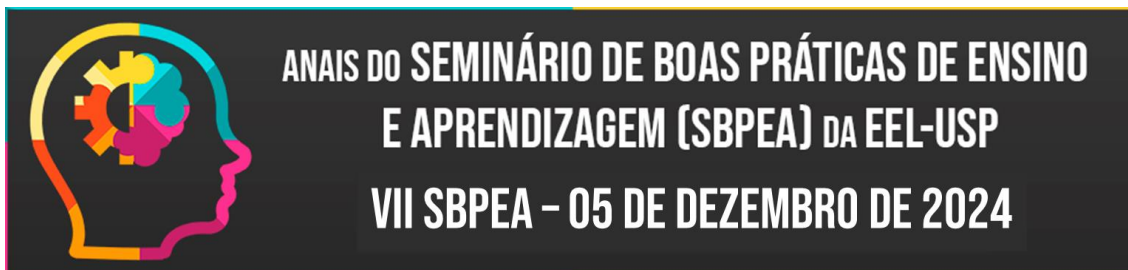
Antes de prosseguir, foram buscados artigos de revisão de literatura sobre a aplicação da PBL no ensino de engenharia de *software*. Foram selecionados, na amostra levantada, três artigos de revisão correlatos, que apresentaram focos diversos entre si na condução da pesquisa.

No primeiro artigo, Ferreira & Canedo (2020) apresentam uma revisão de literatura e um estudo de caso exploratório. O objetivo era investigar a aplicabilidade do método *Design Sprint* aliado à PBL no ensino de engenharia de *software* para verificar sua relevância como método de ensino de aplicações práticas. Comprovou-se sua eficácia através da melhora da experiência de aprendizado relatada pelos alunos.

A revisão de literatura de Kondo & Hazeyama (2022) teve como objetivo verificar a eficácia da aplicação da PBL no desenvolvimento de *software*. A eficácia do desenvolvimento de habilidades técnicas e gerais foi medida através de questionários, testes e avaliações subjetivas. Os fatores associados à eficácia educacional incluem a conscientização e motivação dos alunos, supervisão das equipes, discussões lideradas e a presença de clientes do mundo real.

Miyashita et al. (2018), em seu artigo de revisão de literatura, buscam identificar as tendências da pesquisa sobre o suporte à comunicação à PBL em projetos de desenvolvimento de *software*. Concluíram que o assunto é pesquisado desde 2011 e que são utilizadas ferramentas já existentes. Desenvolvem-se poucas ferramentas e não foram encontradas menções a ferramentas relacionadas à engenharia de *software*, tais como GitHub e Slack.

A Tabela 1 resume a comparação entre os artigos correlatos. Assim, verifica-se que existem trabalhos de revisão de literatura a respeito da utilização da PBL no ensino de engenharia de *software*, mas com focos diferentes da identificação dos ganhos obtidos pela aplicação da PBL no ensino de engenharia de *software*. O primeiro apresenta a aplicação do Design Sprint aliado ao PBL, o segundo utiliza o PBL na área de



desenvolvimento de software e, finalmente, o terceiro investiga ferramentas de comunicação que apoiam a utilização do PBL.

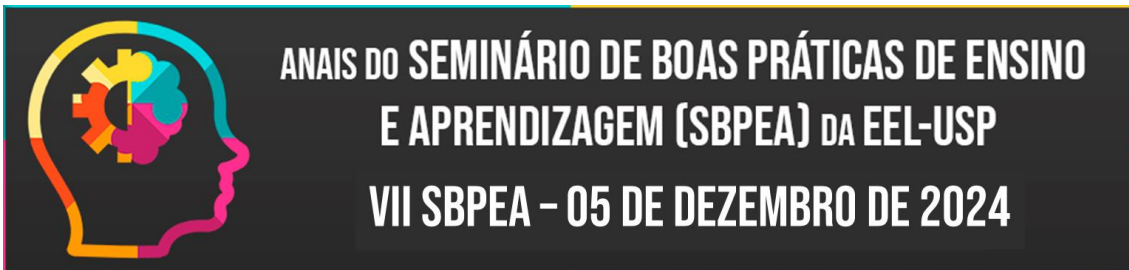
Tabela 1 – Artigos de revisão correlatos

Artigo	Objetivo	Conclusão
Ferreira & Canedo (2020)	Investigar a aplicabilidade do método Design Sprint aliado à PBL no ensino de engenharia de <i>software</i> .	A aplicação do Design Sprint aliado à PBL melhorou a experiência de aprendizado dos alunos.
Kondo & Hazeyama (2022)	Verificar a eficácia da aplicação da PBL no desenvolvimento de <i>software</i> .	A eficácia apresenta-se como desenvolvimento de habilidades. Fatores associados: Conscientização e motivação dos alunos, supervisão das equipes, discussões lideradas e presença de clientes do mundo real.
Miyashita et al. (2018)	Identificar as tendências da pesquisa sobre o suporte à comunicação à PBL em projetos de desenvolvimento de <i>software</i> .	Poucas ferramentas são criadas e usam-se as existentes; Ferramentas de engenharia de <i>software</i> não foram mencionadas.

Fonte: autoria própria.

3. MÉTODO

Para a elaboração deste artigo foram selecionados os métodos “bibliometria” e “análise de conteúdo” através de codificação. A bibliometria é um método que utiliza os dados bibliográficos de bases de publicações científicas a fim de construir representações gráficas relacionadas aos campos de estudo, desempenho de pesquisa e validação da



estrutura do conhecimento (Zupic & Čater, 2015). A codificação é utilizada para executar análises quantitativas dos principais construtos identificados durante a pesquisa.

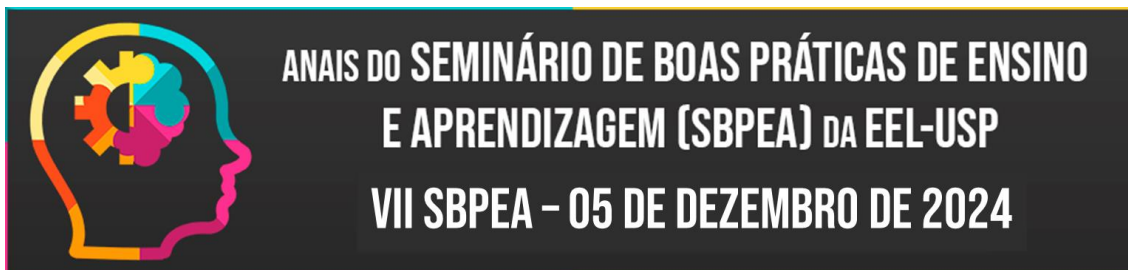
3.1 Levantamento dos artigos

A primeira fase do levantamento dos artigos é composta pela definição das bases de publicações científicas a serem consultadas, seleção dos termos que compõem a chave de busca e os tipos de documentos considerados no estudo. Definem-se, então, os critérios de inclusão e exclusão de documentos.

As bases de publicações escolhidas para exploração são *Web of Science* e *Scopus* por serem reconhecidamente confiáveis, amplamente utilizadas na pesquisa científica e indexarem *journals* conceituados e utilizados em estudos de revisão de literatura.

Os critérios utilizados na seleção inicial dos documentos foram os de tipo “*article*”, “*early access*”, “*review*” e “*article/proceedings*”, nos idiomas inglês e português. Publicações recentes e antigas foram levadas em consideração. A primeira busca foi executada em 13 de setembro de 2024, passou por algumas revisões e a última ocorreu em 23 de setembro de 2024. A chave de busca empregada é “*PBL*” and “*software engineering*”. A busca pelos termos nas bases foi feita levando-se em conta os itens “Tópico” (*Web of Science*) e “*Article Title*”, “*Abstract*” e “*Keywords*” (*Scopus*). O operador lógico “*and*” foi utilizado para combinar os grupos de termos de busca. O resultado desta busca é apresentado na Tabela 2.

Os resultados em ambas as bases foram exportados e geraram-se arquivos de metadados em formato BiBTEX, um formato de arquivo que possibilita a formatação de citações e a geração de listas de referências automaticamente. Estes arquivos são a entrada do processo de composição da base final utilizada na construção desta pesquisa. Tal processo foi executado através de um *script* de tratamento de dados na ferramenta RStudio. O RStudio é um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) para a linguagem R, projetado para facilitar análises estatísticas, ciência de dados e visualização de dados. Oferece uma interface intuitiva, com painéis que permitem escrever e executar código, visualizar gráficos e dados e criar relatórios reproduzíveis, sendo amplamente usado em



pesquisa e ciência de dados (Allaire, n.d.). Realizou-se uma verificação manual a fim de validar a qualidade do arquivo de saída resultante da execução do *script*. Por fim, aplicaram-se os critérios de seleção definidos a fim de gerar a base de dados final com as publicações selecionadas para leitura e estudo.

Tabela 2 – Pesquisa bibliográfica

Base	Chave de busca	Campos	Filtros	Quantidade
<i>Web of Science</i>	"PBL" and "software engineering"	Tópico	Idiomas: inglês e português; Tipos de documento: "article", "early access", "review" e "article/proceedings"	182
<i>Scopus</i>	"PBL" and "software engineering"	Article title, Abstract, Keywords	Idiomas: inglês e português; Tipos de documento: "conference paper", "article" e "conference review"	364

Fonte: autoria própria.

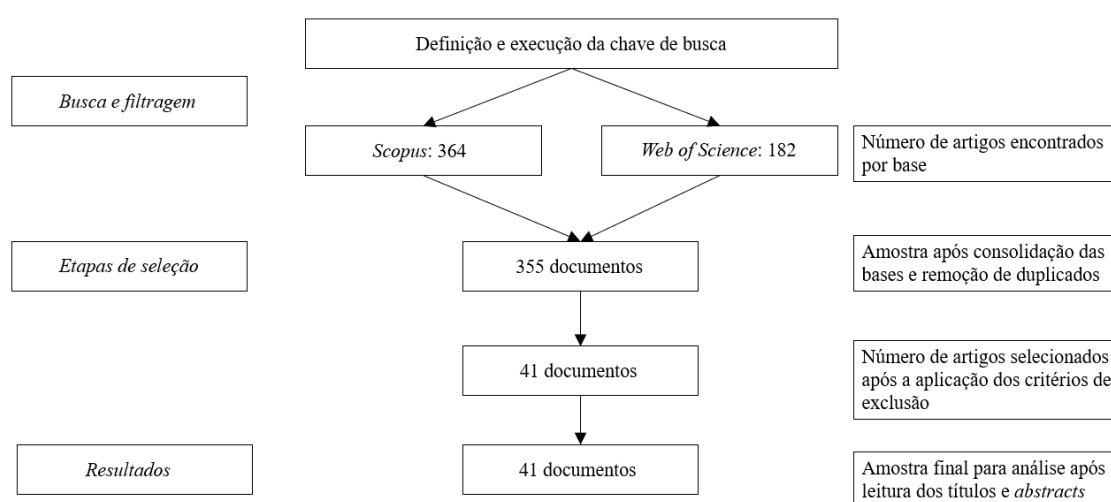
Os critérios de seleção foram definidos através da seguinte estrutura:

- Seleção por tipo de documento (artigos, acesso antecipado, revisão, "article/proceedings", "conference paper" e "conference review", nos idiomas inglês e português);
- Execução de *script* para processamento da base de metadados via ferramenta *R Studio*;
- Remoção dos artigos sem DOI, sem acesso, anteriores a 2020 com menos de 10 citações, *journals* com percentis inferiores a 80% e artigos de conferência anteriores a 2022.

- Leitura dos títulos e resumos para selecionar apenas as publicações relacionadas ao tema do trabalho. Os demais foram desconsiderados e excluídos da seleção para a base final.

A Figura 1 ilustra a execução da sequência de etapas descritas anteriormente e os resultados obtidos em cada uma delas.

Figura 1 – Processo de seleção dos artigos



Fonte: autoria própria

O processo de amostragem consistiu na execução da chave de busca nas bases *Scopus* (364 documentos) e *Web of Science* (182 documentos). Efetuou-se o processo de consolidação das bases e remoção de duplicados através da ferramenta RStudio, o que resultou em 355 documentos para análise através da leitura dos títulos e abstracts e aplicação dos critérios de seleção. Finalmente, 41 artigos foram selecionados para leitura na íntegra.

3.2 Análise dos dados

A revisão de literatura pode ser apoiada por diferentes abordagens, tais como bibliometria, meta-análise e análise de conteúdo (Carvalho et al., 2013). Neste estudo, utilizaram-se os métodos “bibliometria” e “análise de conteúdo” com codificação. A interface *web Biblioshiny* foi empregada no desenvolvimento da bibliometria, que é uma

aplicação web interativa e amigável que executa o pacote “bibliometrix”, da ferramenta R, para construir análises bibliométricas (Aria & Cuccurullo, 2023). Os metadados extraídos das bases *Web of Science* e *Scopus* foram utilizados para realizar as análises (Secinaro et al., 2020). Em seguida foi construída a análise de conteúdo através da catalogação e leitura dos artigos. A Tabela 3 apresenta a aplicação dos métodos (bibliometria e análise de conteúdo com codificação) na resposta às questões de pesquisa.

Tabela 3 – Questões de pesquisa, métodos e ferramentas

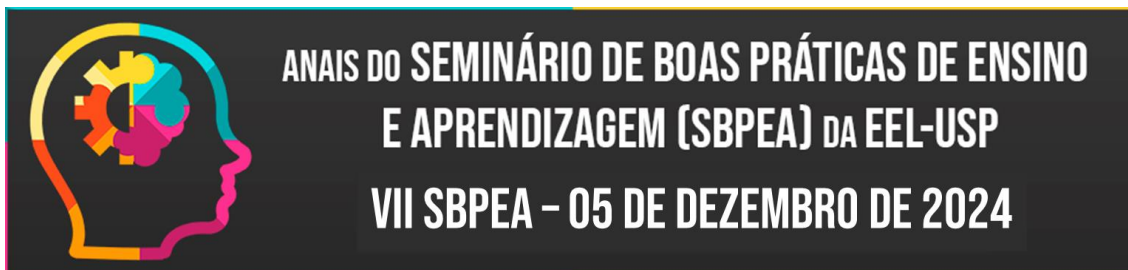
ID	Questão de pesquisa	Método	Ferramenta
QP1	Qual é a evolução da pesquisa ao longo dos anos, principais <i>journals</i> e autores referentes à adoção da PBL no ensino de engenharia de <i>software</i> ?	Bibliometria	<i>Biblioshiny</i>
QP2	Qual tem sido a evolução da pesquisa ao longo dos anos, principais <i>journals</i> e autores referentes à adoção da PBL no ensino de engenharia de <i>software</i> ?	Análise de conteúdo e codificação	-

Fonte: autoria própria

3.2.1 Bibliometria

A bibliometria é um conjunto de métodos para extração de medições em uma base de dados bibliográficos. Diversas áreas de pesquisa utilizam-na a fim de explorar impactos de área de pesquisa e grupo de pesquisadores (Cobo et al., 2011).

Construíram-se elementos gráficos utilizando-se a ferramenta *Biblioshiny* (Aria & Cuccurullo, 2023), além de uma análise exploratória no Excel. A análise exploratória demonstra o número de publicações por ano. As análises no *Biblioshiny* apresentam os *journals* mais influentes, o impacto da produção por autor através do número de citações e um mapa temático para verificar a relevância atual do tema.



3.2.2 Análise de conteúdo

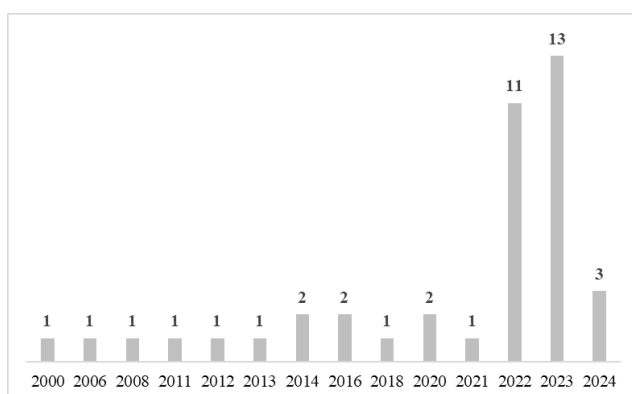
A análise de conteúdo é uma metodologia utilizada para explorar as referências por meio da classificação e quantificação do significado da língua. Tal método fornece uma visão integrada do texto e seus contextos para que o pesquisador compreenda o fenômeno de forma subjetiva (Renz et al., 2018). Os resultados da análise de conteúdo fundamentam as discussões apresentadas posteriormente.

A condução da análise de conteúdo segue o método descrito previamente, a partir da codificação dos principais conceitos identificados em cada um dos artigos, com a finalidade de fundamentar os resultados do estudo. Para tal, foi feita uma contagem de ocorrências de cada um dos itens nos artigos, classificadas por grupos.

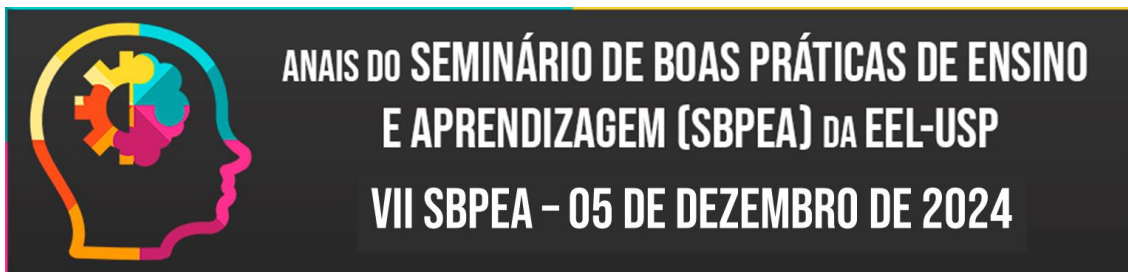
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados das análises construídas através do processo de bibliometria, de acordo com os procedimentos indicados na seção “Método”. Construiu-se uma análise exploratória com base na amostra bibliográfica extraída a fim de verificar e quantificar a produção científica. A Figura 2 apresenta a quantidade de publicações relacionadas ao tema por ano. Nota-se que é um campo de pesquisa que foi inicialmente mencionado em 2000, pouco explorado nas últimas décadas e que recebeu maior atenção a partir de 2022.

Figura 2 – Publicações por ano



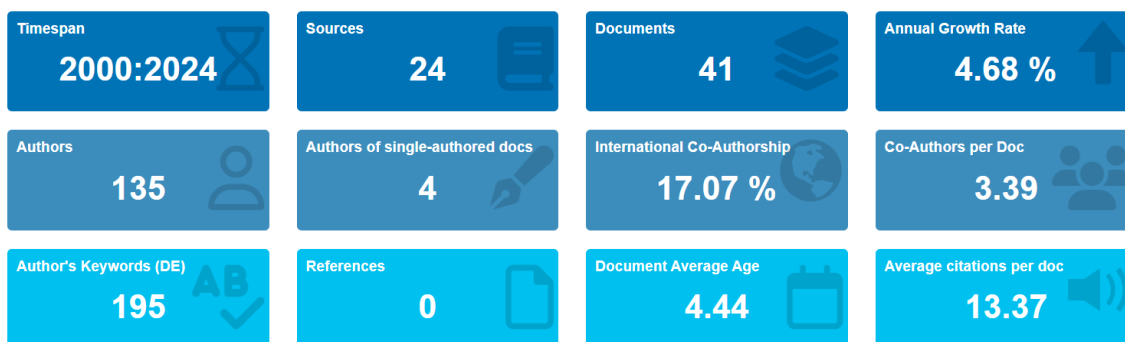
Fonte: autoria própria



O comportamento do gráfico mostra que o interesse pelo assunto está em crescimento recente e há campo para expansão da pesquisa.

A Figura 3 apresenta uma análise geral dos artigos selecionados para estudo. O período identificado é 2000 a 2024; foram identificadas 24 fontes, 41 documentos e 135 autores no total. Além disso, dados médios sobre idade dos artigos, quantidade de citações, autoria e coautoria foram fornecidos.

Figura 3 – Análise geral dos documentos



Fonte: autoria própria

O *journal* com o maior número de publicações é a *IEEE Transactions on Education*, com onze publicações, seguida por *Journal of System and Software*, com três publicações. As demais disponibilizaram dois ou um documento referente ao tema da pesquisa. *IEEE Transactions on Education* é um *journal* que publica contribuições originais e significativas para a educação em engenharia elétrica, engenharia da computação, ciência da computação e áreas afins. Os artigos abordam a descoberta, integração e aplicação do conhecimento em tais áreas, apresentando evidências convincentes e descrições claras dos processos de coleta e análise dos dados, não apenas dados de autoavaliação dos alunos. Por sua vez, *Journal of System and Software* publica artigos que cobrem toda a área de engenharia de *software*. A Tabela 4 apresenta uma síntese desta análise.

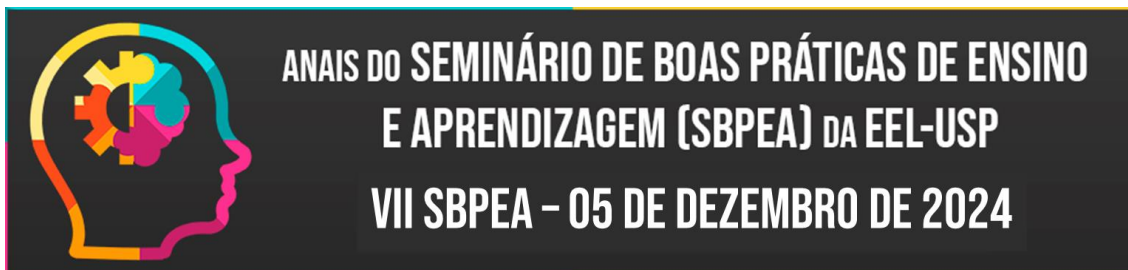


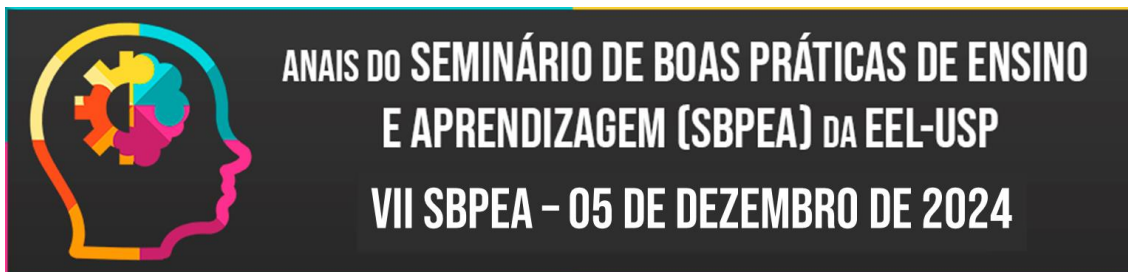
Tabela 4 – Número de publicações por *journal*

<i>Journal</i>	Publicações
<i>IEEE Transactions on Education</i>	11
<i>Journal of Systems and Software</i>	3
<i>Computer Applications in Engineering Education</i>	2
<i>Computers & Education</i>	2
<i>Education and Information Technologies</i>	2
<i>Information and Software Technology</i>	2
<i>Proceedings – Frontiers in Education Conference</i>	2
<i>2022 29th Asia-Pacific Software Engineering Conference</i>	1
<i>2023 IEEE/ACM 45th ICSE-SEET</i>	1
<i>2024 IEEE MI-STA</i>	1

Fonte: autoria própria – adaptado de *Biblioshiny*

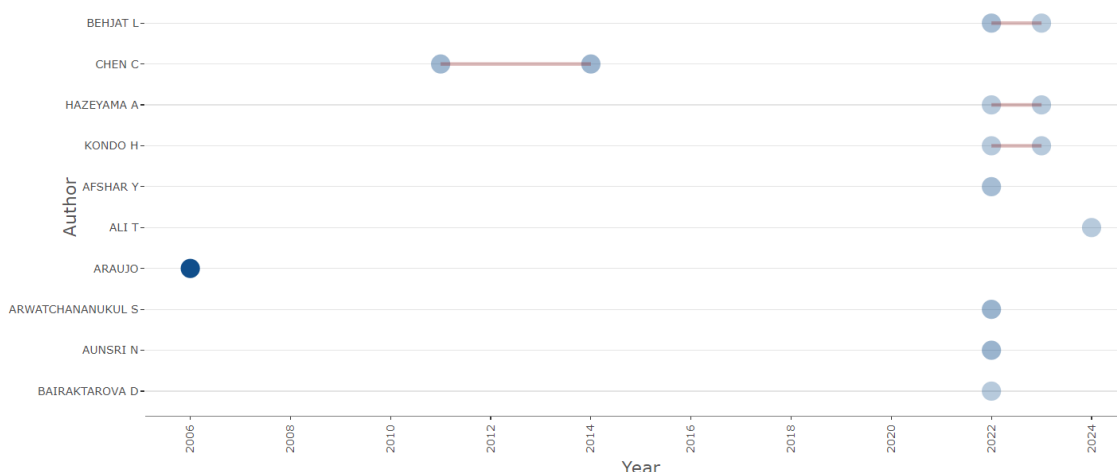
A Figura 4 ilustra a relação dos autores mais produtivos durante o período analisado. O tamanho do círculo, no gráfico, é diretamente proporcional ao número de artigos publicados, enquanto a intensidade da cor do círculo representa o número de citações por ano. Assim, quanto maior o círculo, maior a quantidade de documentos publicados; quanto menor a transparência da cor do círculo, maior o número de citações do autor em determinado ano. A reta em destaque representa o período no qual os autores produziram material científico.

A autora Behjat, L. (Laleh Behjat), a mais produtiva, possui produção recente na área da aplicação de PBL no ensino de engenharia de *software* e recebeu citações entre 2022 e 2023, mesmo período em que esteve em atividade. Ela é Ph.D. pela Universidade de Waterloo, professora do departamento de engenharia elétrica e de *software* da Universidade de Calgary e parte do conselho de pesquisa em ciência e engenharia para



mulheres da região de Prairie. Sua pesquisa está focada no desenvolvimento de técnicas matemáticas e ferramentas de *software* para automação de projetos de circuitos digitais integrados. Já a autora Taghrid Zarif Ali (Ali, T). é uma pesquisadora recente que produziu e recebeu citações apenas em 2024. Ela é mestre em Ciência da Computação pela Universidade de Benghazi, na Líbia.

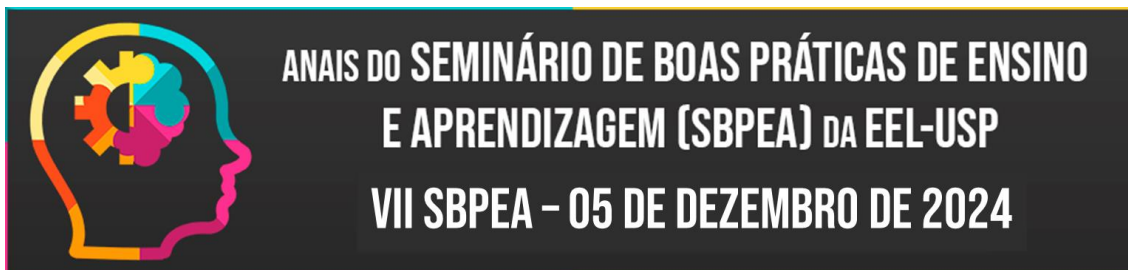
Figura 4 – Autores mais relevantes por número de publicações



Fonte: autoria própria

A Tabela 5 apresenta o impacto local dos autores com base no número de citações. Os mais influentes, com 179 citações cada um, são Araujo, A., Macías-Guarasa, J., Montero, J., Nieto-Taladriz, O. e San-Segundo, R. Araujo, A. (Álvaro Araujo) é Ph.D. em engenharia de telecomunicações pela Universidade Politécnica de Madrid. Atua como professor associado no departamento de engenharia elétrica da mesma instituição, na qual participa de atividades de pesquisa e ensino. Sua principal linha de atuação é em sistemas embutidos com foco em redes de sensores sem fio, redes neurais sem fio e redes cognitivas.

Macías-Guarasa, J. (Javier Macias-Guarasa) é Ph.D. pela Universidade Politécnica de Madrid. Ocupou diversas posições de ensino na instituição e atualmente é professor associado no departamento de eletrônica na Universidade de Alcalá. Possui mais de 100 artigos publicados como autor ou coautor na área de tecnologia e sua linha de pesquisa



está associada ao processamento de fala, aplicações de sensores audiovisuais em espaços inteligentes e estratégias de reconhecimento de padrões em sistemas de monitoramento.

Montero, J. (Juan M. Montero) é Ph.D. em engenharia de telecomunicações pela Universidade Politécnica de Madri e já ocupou diversas posições de ensino nesta instituição. Escreveu como autor ou coautor dezenas de artigos em mais de 40 projetos de pesquisa na área da tecnologia da linguagem e do discurso.

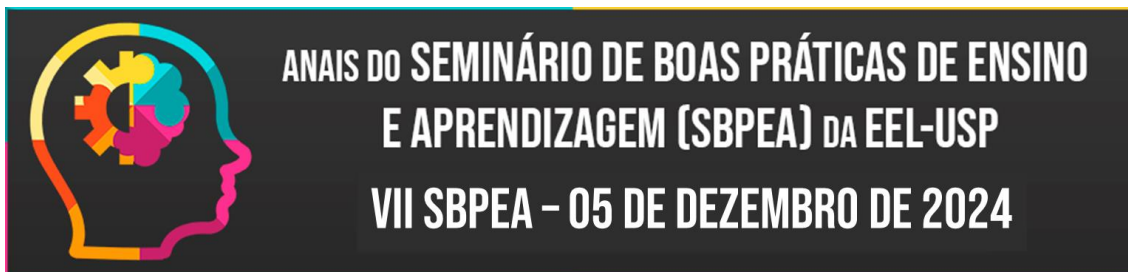
Nieto-Taladriz, O. (Octavio Nieto-Taladriz) é Ph.D. em engenharia de telecomunicações pela Universidade Politécnica de Madri. Atualmente é professor e chefe do departamento de engenharia eletrônica, no qual desempenha atividades de ensino e pesquisa. Sua principal linha de pesquisa é em desenvolvimento de sistemas embutidos, incluindo microeletrônicos, prototipação rápida, arquiteturas de alto desempenho baseadas em comunicações de banda larga e o desenvolvimento e integração de serviços e aplicações para mobilidade em plataformas heterogêneas.

San-Segundo, R. (Rubén San-Segundo) é Ph.D. e atual membro do grupo da tecnologia do discurso na Universidade Politécnica de Madri.

Tabela 5 – Autores mais influentes por número de citações

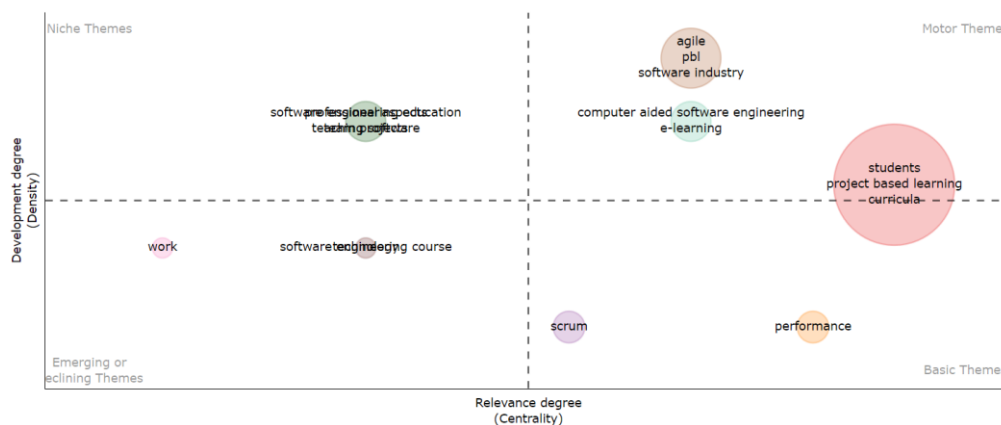
Autor	Citações
Araujo, A.	179
Macias-Guarasa, J.	179
Montero, J.	179
Nieto-Taladriz, O.	179
San-Segundo, R.	179
Bastarrica, M.	49
Borromeo, S.	49
Gutierrez, F.	49
Hernandez-Tamames, J.	49
Marques, M.	49

Fonte: autoria própria – adaptado de *Biblioshiny*



A análise do mapa temático distribui as palavras-chave em diferentes quadrantes de acordo com sua ocorrência. São considerados temas cuja densidade e centralidade são utilizadas em sua classificação e mapeamento em um diagrama bidimensional. A Figura 5 apresenta o mapa temático da amostra de artigos selecionados. Os temas são divididos em quatro quadrantes: (1) quadrante superior direito: temas motores; (2) quadrante inferior direito: temas básicos; (3) quadrante inferior esquerdo: temas emergentes; (4) quadrante superior esquerdo: temas especializados ou de nicho. Neste caso, os temas de maior interesse são os motores e de nicho. Os temas motores são os mais explorados e que atualmente orientam as pesquisas. Os temas de nicho são especializados e detêm maior potencial para exploração, com baixas quantidades de bibliografia desenvolvida. Em suma, com base na Figura 6 é possível observar que os temas motores estão essencialmente relacionados à PBL.

Figura 5 – Mapa temático



Fonte: autoria própria.

A Tabela 6 apresenta os documentos mais citados. O primeiro, com 179 citações, é intitulado “A PBL Approach to Design Electronic Systems Curricula”. Foi publicado em 2006 no *journal “IEEE Transactions on Education”* e discorre sobre uma pesquisa cujo objetivo foi tornar a disciplina Eletrônica mais atrativa aos alunos. Obteve-se sucesso ao final.

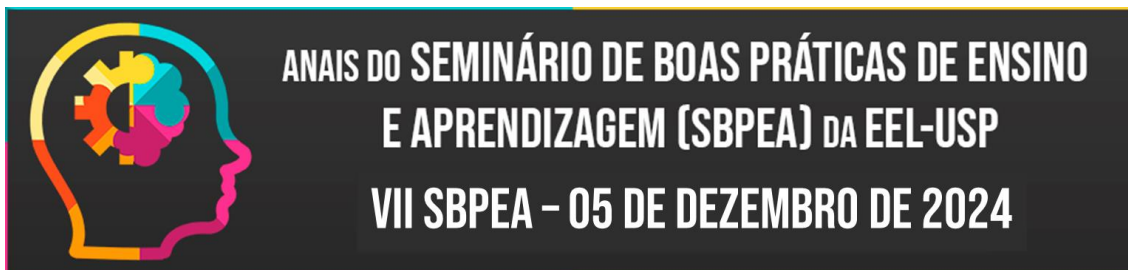


Tabela 6 – Documentos mais citados

Documento	Citações
A project-based learning approach to design electronic systems curricula	179
Enhancing the student learning experience in software engineering project courses	49
An embedded systems course for engineering students using open-source platforms in wireless scenarios	49
Enhancing project-based learning in software engineering lab teaching through an e-portfolio approach	48
Multi-role project (MRP): a new project-based learning method for STEM	36

Fonte: autoria própria – adaptado de *Biblioshiny*

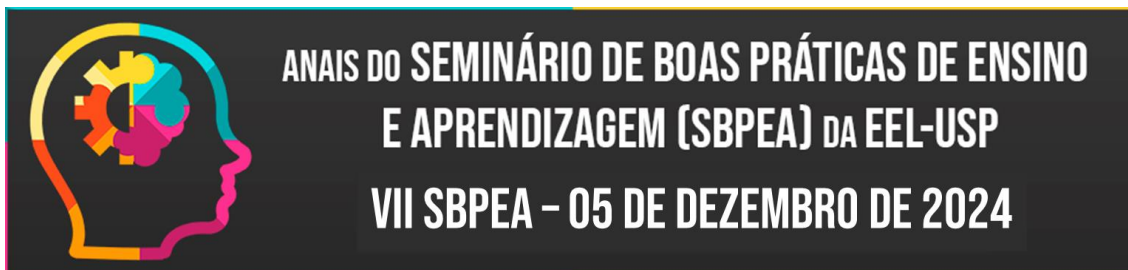
Pode-se inferir, referente à resposta à questão de pesquisa 1 (QP1), que foram publicados 41 artigos que estudam a PBL aplicado à engenharia de *software*. Estes foram publicados a partir de 2000 e existe uma produção contemporânea de comportamento crescente em andamento desde 2022. O principal *journal* é o *IEEE Transactions on Education*, com 11 publicações. Os autores mais influentes são Araujo, Macías-Guarasa, J., Montero, J., Nieto-Taladriz, O. e San-Segundo, R.

A partir da leitura dos artigos selecionados através do processo de amostragem, foi feita uma análise de conteúdo e codificação dos conceitos identificados. A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos a respeito dos ganhos da adoção da PBL.

Tabela 7 – Análise de conteúdo (menções)

Código	Descrição	Menções	%
Ganhos	Desenvolvimento de soft skills	84	30%
	Aplicação prática	61	22%
	Melhoria no aprendizado	53	19%
	Cultivo de habilidades profissionais	46	16%
	Engajamento	32	11%
	Desenvolvimento de hard skills	4	1%
	Total	280	

Fonte: autoria própria



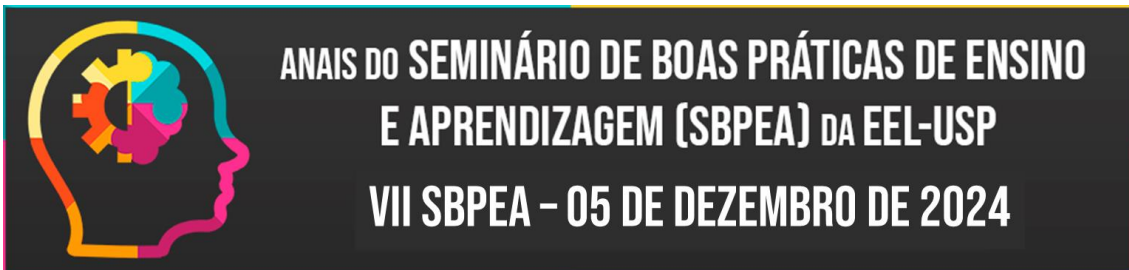
A questão de pesquisa 2 (QP2), conforme apresentado anteriormente no artigo, pode ser respondida através desta análise de conteúdo e codificação dos conceitos. Tal questão refere-se a quais são os ganhos na adoção da PBL no ensino de engenharia de *software*. Algumas observações podem ser feitas através da Tabela 4. Os principais ganhos encontrados foram “desenvolvimento de *soft skills*”, “aplicação prática”, “melhoria no aprendizado”, “cultivo de habilidades profissionais”, “engajamento” e “desenvolvimento de *hard skills*”. “Desenvolvimento de *soft skills*” foi o benefício mais citado, em 39 artigos. “Aplicação prática” foi citado em 35 artigos e, por sua vez, “melhoria no aprendizado” foi objeto de estudo em 29 artigos.

Os artigos selecionados foram inicialmente analisados com a finalidade de identificar categorias de classificação. Seis categorias foram identificadas: “Engajamento”, “Desenvolvimento de habilidades profissionais”, “*Hard skills*”, “Melhoria no aprendizado”, “Aplicação prática” e “*Soft skills*”. O item mais citado é “*Soft skills*”, que figurou em 39 dos artigos. O segundo mais citado é “Aplicação prática”, em 35 artigos. O terceiro, por sua vez em 33 referências, “Desenvolvimento de habilidades profissionais”. A categoria menos citada é “*hard skills*”, que foi identificada em apenas três artigos. A Tabela 8 sumariza a distribuição das referências pelas classificações de ganhos na aplicação da PBL no ensino de engenharia de *software* identificadas durante o estudo dos artigos.

Tabela 8 – Análise de conteúdo

Classificação	Referências
<i>Soft skills</i>	Macias (2012), Garcia & Pacheco (2014), Luburić et al. (2024), Üstünel (2020), Milentijevic et al. (2008), Stahl et al. (2022), Gupta (2022), Lanubile et al. (2023), Warin et al. (2016), H.-M. Chen et al. (2022), Ceh-Varela et al. (2023), Marques et al. (2018), Davenport (2000), Watson & Cutting (2022), Isomöttönen & Taipalus (2023), C.-Y. Chen & Teng (2011), Ferreira & Canedo (2020), Singh & Singh (2021), C.-Y. Chen et al. (2014), Wolfschwenger et al. (2022), Sankaranarayanan et al. (2022), Borges & Grato de Souza (2024), Espina-Romero et al. (2023), Kokkonen & Isomöttönen (2023), Arwatchananukul et al. (2022), Raeesinejad et al. (2022), H. Flores & Pinto (2023),

	Khabbali et al. (2023), Paul et al. (2023), Doloc-Mihu & Gunay (2023), Demchenko et al. (2023), Fami et al. (2023), B. Chan et al. (2022), Y. C. Chan et al. (2022), Ali et al. (2024), Suleiman et al. (2023), Rodriguez-Sanchez et al. (2016), Papadopoulos et al. (2013), Macias-Guarasa et al. (2006)
Aplicação prática	Garcia & Pacheco (2014), Kondo & Hazeyama (2022), Luburić et al. (2024), Üstünel (2020), Stahl et al. (2022), Gupta (2022), Lanubile et al. (2023), H.-M. Chen et al. (2022), Ceh-Varela et al. (2023), Marques et al. (2018), Davenport (2000), Watson & Cutting (2022), Isomöttönen & Taipalus (2023), C.-Y. Chen & Teng (2011), Ferreira & Canedo (2020), Singh & Singh (2021), C.-Y. Chen et al. (2014), Wolfschwenger et al. (2022), Sankaranarayanan et al. (2022), Borges & Gratão de Souza (2024), Espina-Romero et al. (2023), Kokkonen & Isomöttönen (2023), Arwatchananukul et al. (2022), Raesinejad et al. (2022), H. Flores & Pinto (2023), Khabbali et al. (2023), Doloc-Mihu & Gunay (2023), Fami et al. (2023), B. Chan et al. (2022), Y. C. Chan et al. (2022), Ali et al. (2024), Suleiman et al. (2023), Rodriguez-Sanchez et al. (2016), Papadopoulos et al. (2013), Macias-Guarasa et al. (2006)
Melhoria no aprendizado	Macias (2012), Garcia & Pacheco (2014), Kondo & Hazeyama (2022), Luburić et al. (2024), Üstünel (2020), Milentijevic et al. (2008), Gupta (2022), Lanubile et al. (2023), Warin et al. (2016), Ceh-Varela et al. (2023), Marques et al. (2018), Isomöttönen & Taipalus (2023), Ferreira & Canedo (2020), Wolfschwenger et al. (2022), Sankaranarayanan et al. (2022), Borges & Gratão de Souza (2024), Espina-Romero et al. (2023), Arwatchananukul et al. (2022), Raesinejad et al. (2022), Khabbali et al. (2023), Paul et al. (2023), Demchenko et al. (2023), Kondo et al. (2023), B. Chan et al. (2022), Y. C. Chan et al. (2022), Ali et al. (2024), Suleiman et al. (2023), Rodriguez-Sanchez et al. (2016), Rodriguez-Sanchez et al. (2016), Macias-Guarasa et al. (2006)
Desenvolvimento de habilidades profissionais	Kondo & Hazeyama (2022), Luburić et al. (2024), Üstünel (2020), Milentijevic et al. (2008), Stahl et al. (2022), Warin et al. (2016), H.-M. Chen et al. (2022), Ceh-Varela et al. (2023), Marques et al. (2018), (Davenport, 2000), Watson & Cutting (2022), C.-Y. Chen & Teng (2011), Singh & Singh (2021), C.-Y. Chen et al. (2014), Wolfschwenger et al. (2022), Sankaranarayanan et al. (2022), Borges & Gratão de Souza (2024), Espina-Romero et al. (2023), Kokkonen & Isomöttönen (2023), Raesinejad et al. (2022), H. Flores & Pinto (2023), Khabbali et al. (2023), Paul et al. (2023), Doloc-Mihu & Gunay (2023), Demchenko et al. (2023), Fami et al. (2023), Kondo et al. (2023), Y. C. Chan et al. (2022), Ali et al.



	(2024), Suleiman et al. (2023), Rodriguez-Sanchez et al. (2016), Papadopoulos et al. (2013), Macias-Guarasa et al. (2006)
Engajamento	Macias (2012), Luburić et al. (2024), Üstünel (2020), Milentijevic et al. (2008), Stahl et al. (2022), Gupta (2022), Warin et al. (2016), Ceh-Varela et al. (2023), Marques et al. (2018), Davenport (2000), Isomöttönen & Taipalus (2023), C.-Y. Chen & Teng (2011), Wolfswenger et al. (2022), Borges & Gratão de Souza (2024), Espina-Romero et al. (2023), Kokkonen & Isomöttönen (2023), Arwathananukul et al. (2022), Raesinejad et al. (2022), H. Flores & Pinto (2023), Khabbali et al. (2023), Paul et al. (2023), Doloc-Mihu & Gunay (2023), B. Chan et al. (2022), Y. C. Chan et al. (2022), Rodriguez-Sanchez et al. (2016), Macias-Guarasa et al. (2006)
<i>Hard skills</i>	H.-M. Chen et al. (2022), Davenport (2000), Kondo et al. (2023), Rodriguez-Sanchez et al. (2016)

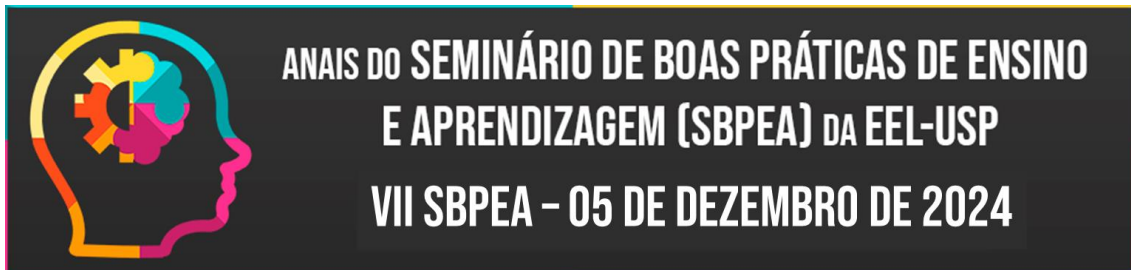
Fonte: autoria própria

Assim, nota-se que o maior interesse de pesquisa está centrado no desenvolvimento de *soft skills* e o menor esforço é investido em *hard skills*.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar a literatura disponível sobre a aplicação do PBL no ensino de engenharia de software, identificando os ganhos potenciais desse método para a formação de futuros profissionais da área. Para alcançar tal objetivo e responder às questões de pesquisa, foi realizada uma revisão de literatura, complementada pelo uso de bibliometria e análise de conteúdo com codificação.

A análise bibliométrica revelou que, embora o tema venha sendo explorado desde 2000, o aumento significativo no número de publicações a partir de 2022 indica um interesse acadêmico crescente. Esse aumento pode estar relacionado à necessidade emergente de metodologias ativas, que respondem à complexidade e à dinâmica do mercado atual, onde engenheiros capacitados em habilidades práticas e interpessoais são cada vez mais valorizados. O crescimento da pesquisa sobre PBL sugere uma tendência contínua de expansão nos próximos anos, à medida que instituições e pesquisadores buscam inovar na formação de engenheiros.

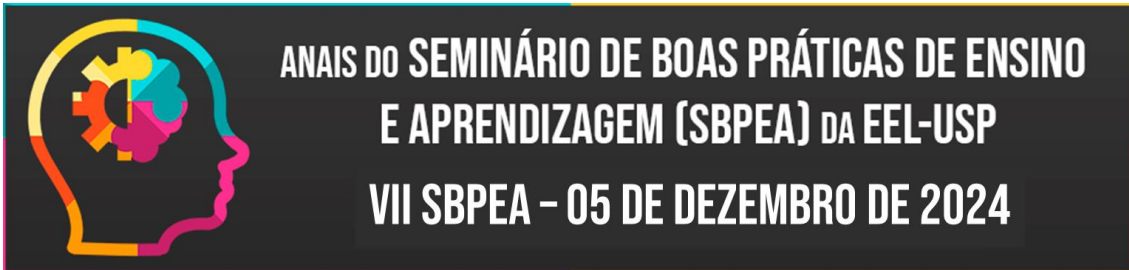


Quanto às fontes, observa-se que os principais periódicos com publicações sobre o tema são o *IEEE Transactions on Education*, voltado à educação em engenharia e computação, e o *Journal of System and Software*, focado nas diversas áreas da engenharia de software. Em relação aos principais autores, destaca-se a contribuição de pesquisadores como Laleh Behjat, da Universidade de Calgary, e Taghrid Zarif Ali, da Universidade de Benghazi, além de autores da Universidade Politécnica de Madri, que têm desempenhado um papel influente no desenvolvimento de estudos sobre PBL no ensino de engenharia (Álvaro Araujo, Javier Macias-Guarasa, Juan M. Montero, Octavio Nieto-Taladriz e Rubén San-Segundo).

A segunda questão está relacionada aos principais ganhos da aplicação do PBL no ensino de engenharia. A análise de conteúdo aponta que o desenvolvimento de soft skills é um dos maiores benefícios do método, seguido pela oportunidade de aplicação prática dos conhecimentos. Tais achados são particularmente relevantes para a formação de engenheiros modernos, que necessitam de habilidades técnicas e competências interpessoais e adaptativas. Além disso, a metodologia PBL contribui para o engajamento dos alunos, melhoria no aprendizado e desenvolvimento de hard skills, evidenciando-se como uma abordagem promissora para a formação de engenheiros preparados para o mercado de trabalho.

Todavia, é importante destacar algumas limitações. A análise foi baseada exclusivamente nas bases de dados Web of Science e Scopus, o que pode ter limitado a abrangência dos resultados ao excluir repositórios institucionais e publicações em conferências de menor porte. Ademais, os critérios de seleção adotados excluíram alguns estudos que poderiam oferecer perspectivas adicionais, como aqueles publicados em journals menores e em diferentes contextos institucionais. Tal limitação aponta para a necessidade de uma revisão futura que considera fontes variadas e complementa os achados com outras abordagens.

Para futuras pesquisas, sugere-se uma exploração interdisciplinar do PBL em diversas áreas de engenharia, tais como civil, mecânica e elétrica, buscando avaliar como o método se adapta a contextos e demandas específicas dessas subáreas. Estudos longitudinais

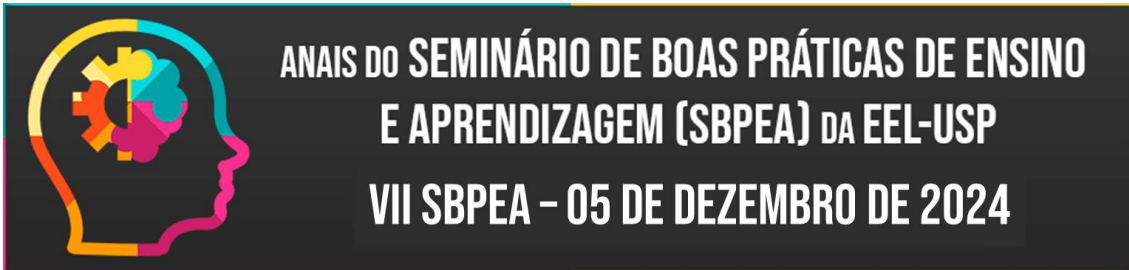


poderiam ser realizados para investigar o impacto do PBL na formação de competências e na preparação dos graduados para o mercado de trabalho ao longo de suas carreiras. Adicionalmente, seria relevante combinar o PBL com outras metodologias ativas a fim de explorar possíveis sinergias e ampliar o engajamento e a aprendizagem dos estudantes. Por fim, estudos de caso, realizados em contextos educacionais reais, poderiam ajudar a validar as conclusões apresentadas nesta revisão, fornecendo uma base empírica mais sólida para a adoção do PBL em larga escala no ensino de engenharia.

Desta forma, a aplicação do PBL não só contribui para o desenvolvimento de competências práticas e interpessoais necessárias no mercado atual, mas também representa um passo promissor para a inovação curricular na educação em engenharia. A continuidade das pesquisas em tal área pode consolidar o PBL como uma prática pedagógica central, capacitando engenheiros para enfrentar os desafios complexos do mundo contemporâneo de maneira eficiente e colaborativa.

REFERÊNCIAS

- Ali, T. Z., Hagal, M. A., Elmarzaki, H. A., & Maatuk, A. M. (2024). Evaluating the Extent of Application of Software Engineering Concepts in Graduation Projects: A Case Study. *2024 IEEE 4th International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (MI-STA)*, 130–135. <https://doi.org/10.1109/MI-STA61267.2024.10599700>
- Allaire, A. (n.d.). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Retrieved October 27, 2024, from <https://www.r-project.org/conferences/useR-2011/abstracts/180111-allairejj.pdf>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2023, December 5). *Biblioshiny Tutorial*. <https://Bibliometrix.Org/Biblioshiny/Biblioshiny2.Html>. <https://bibliometrix.org/biblioshiny/biblioshiny2.html>
- Arwatchananukul, S., Singpant, P., Chondamrongkul, N., & Aunsri, N. (2022). Developing 21st Century Skills with Project-Based Learning: An Experience Report in the Introductory Course of Software Engineering. *2022 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications*



Engineering (ECTI DAMT & NCON), 451–455.
<https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNCON53731.2022.9720408>

Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). *Teaching for Meaningful Learning: A Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning*.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED539399.pdf>

Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, 26(3–4), 369–398.
<https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>

Borges, G. G., & Grato de Souza, R. C. (2024). Skills development for software engineers: Systematic literature review. *Information and Software Technology*, 168, 107395. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2023.107395>

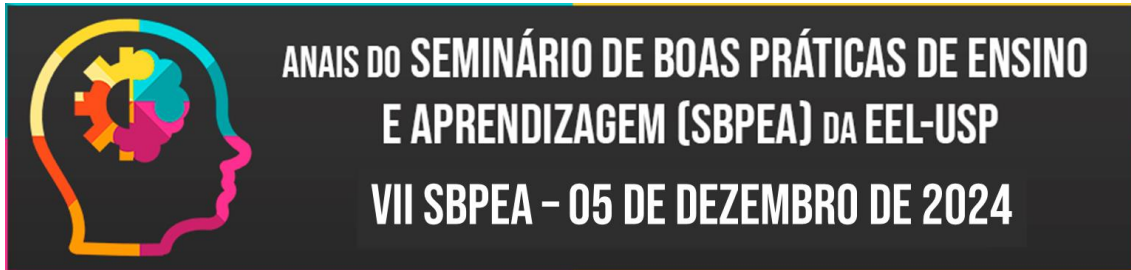
Carvalho, M. M., Fleury, A., & Lopes, A. P. (2013). An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(7), 1418–1437.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.11.008>

Ceh-Varela, E., Canto-Bonilla, C., & Duni, D. (2023). Application of Project-Based Learning to a Software Engineering course in a hybrid class environment. *Information and Software Technology*, 158, 107189.
<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2023.107189>

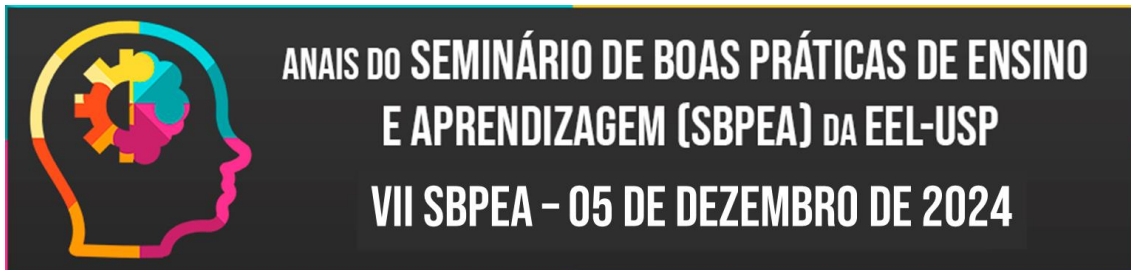
Chan, B., Asad, T. Bin, & Bairaktarova, D. (2022). Simulating an engineering workplace: a new approach to prototype-based team project. *Towards a New Future in Engineering Education, New Scenarios That European Alliances of Tech Universities Open Up*, 1058–1066. <https://doi.org/10.5821/conference-9788412322262.1346>

Chan, Y. C., Min Gan, C., Lim, C. Y., Hwa Tan, T., Cao, Q., & Seow, C. K. (2022). Learning CS Subjects of Professional Software Development and Team Projects. *2022 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)*, 71–77. <https://doi.org/10.1109/TALE54877.2022.00020>

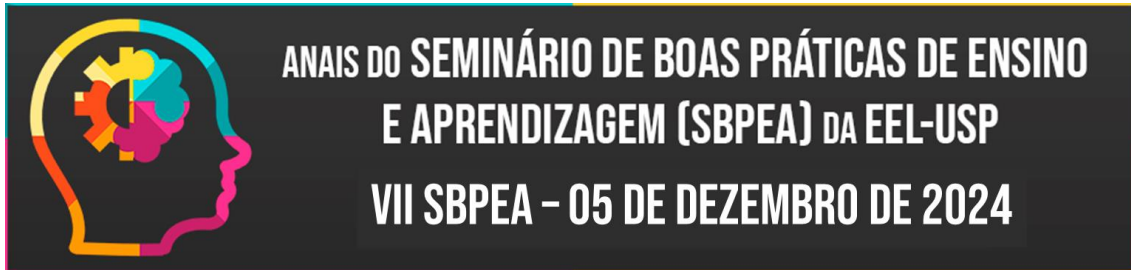
Chen, C.-Y., Hong, Y.-C., & Chen, P.-C. (2014). Effects of the Meetings-Flow Approach on Quality Teamwork in the Training of Software Capstone Projects. *IEEE Transactions on Education*, 57(3), 201–208.
<https://doi.org/10.1109/TE.2014.2305918>



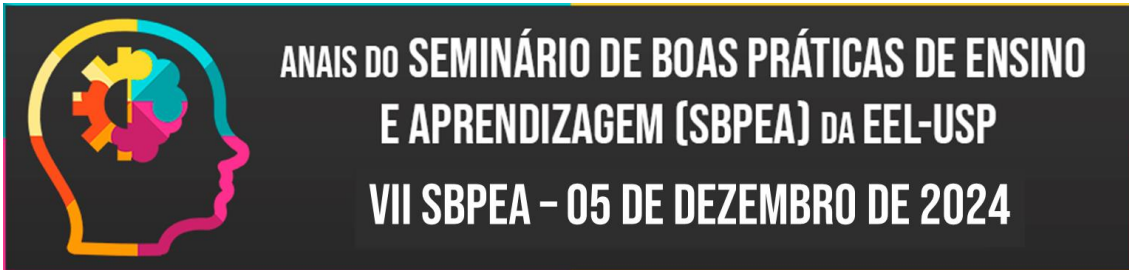
- Chen, C.-Y., & Teng, K.-C. (2011). The design and development of a computerized tool support for conducting senior projects in software engineering education. *Computers & Education*, 56(3), 802–817. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.022>
- Chen, H.-M., Nguyen, B.-A., & Dow, C.-R. (2022). Code-quality evaluation scheme for assessment of student contributions to programming projects. *Journal of Systems and Software*, 188, 111273. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.111273>
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(7), 1382–1402. <https://doi.org/10.1002/asi.21525>
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund, S., Brodeur, D. R., & Edström, K. (2014). *Rethinking Engineering Education*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05561-9>
- Davenport, D. (2000). Experience using a project-based approach in an introductory programming course. *IEEE Transactions on Education*, 43(4), 443–448. <https://doi.org/10.1109/13.883356>
- Demchenko, Y., Degeler, V., Opresu, A., & Brewer, S. (2023). Professional and 21st Century Skills for Data Driven Digital Economy. *2023 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/EDUCON54358.2023.10125263>
- Dewey, J. (1991). *Experience and Education* (1st ed.). Simon & Schuster.
- Doloc-Mihu, A., & Gunay, C. (2023). Hands-on Workshops Improve Learning of Software Engineering Skills. *The 24th Annual Conference on Information Technology Education*, 48–53. <https://doi.org/10.1145/3585059.3611440>
- Espina-Romero, L. C., Aguirre Franco, S. L., Dworaczek Conde, H. O., Guerrero-Alcedo, J. M., Ríos Parra, D. E., & Rave Ramírez, J. C. (2023). Soft skills in personnel training: Report of publications in scopus, topics explored and future research agenda. *Heliyon*, 9(4), e15468. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15468>
- Fami, A., Rasita Gloria Barus, I., & Wahyoedi, B. (2023). Project-Based Learning as a Catalyst for Promoting Digital Literacy: A Case Study of Software Engineering Technology Students. *E3S Web of Conferences*, 454, 03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345403012>
- Felder, R. M., & Brent, R. (2005). Understanding Student Differences. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 57–72. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00829.x>



- Ferreira, V. G., & Canedo, E. D. (2020). Design sprint in classroom: exploring new active learning tools for project-based learning approach. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(3), 1191–1212. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01285-3>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Garcia, I. A., & Pacheco, C. L. (2014). Using TSPi and PBL to support software engineering education in an upper-level undergraduate course. *Computer Applications in Engineering Education*, 22(4), 736–749. <https://doi.org/10.1002/cae.21566>
- Gupta, C. (2022). The Impact and Measurement of Today's Learning Technologies in Teaching Software Engineering Course Using Design-Based Learning and Project-Based Learning. *IEEE Transactions on Education*, 65(4), 703–712. <https://doi.org/10.1109/TE.2022.3169532>
- H. Flores, N., & Pinto, R. (2023). Quest-based Gamification In A Software Development Lab Course: A Case Study. *9th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'23)*, 541–548. <https://doi.org/10.4995/HEAd23.2023.16110>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Isomöttönen, V., & Taipalus, T. (2023). Status indicators in software engineering group projects. *Journal of Systems and Software*, 198, 111612. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2023.111612>
- Khabbali, H., Seghroucheni, Y. Z., & Ziti, S. (2023). Agile pedagogy: using scrum and project based learning for enhanced educational experiences. *2023 7th IEEE Congress on Information Science and Technology (CiSt)*, 445–449. <https://doi.org/10.1109/CiSt56084.2023.10410018>
- Kokkonen, M., & Isomöttönen, V. (2023). A systematic mapping study on group work research in computing education projects. *Journal of Systems and Software*, 204, 111795. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2023.111795>
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryan, M. (2003). Problem-Based Learning Meets Case-Based Reasoning in the Middle-School Science Classroom: Putting Learning by



- Design(tm) Into Practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495–547. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1204_2
- Kondo, H., Hashiura, H., & Hazeyama, A. (2023). Proposal of a Support System for Visualization of Acquired Skills Using iCD in Project-Based Learning for Software Development and How to Acquire its Data. *2023 IEEE 35th International Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET)*, 183–184. <https://doi.org/10.1109/CSEET58097.2023.00038>
- Kondo, H., & Hazeyama, A. (2022). Systematic Literature Review on Educational Effectiveness of Project-Based Learning for Software Development. *2022 29th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC)*, 584–585. <https://doi.org/10.1109/APSEC57359.2022.00092>
- Lanubile, F., Martínez-Fernández, S., & Quaranta, L. (2023). Teaching MLOps in Higher Education through Project-Based Learning. *2023 IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET)*, 95–100. <https://doi.org/10.1109/ICSE-SEET58685.2023.00015>
- Luburić, N., Slivka, J., Dorić, L., Prokić, S., & Kovačević, A. (2024). A framework for designing software engineering project-based learning experiences based on the 4 C/ID model. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12882-x>
- Macias, J. A. (2012). Enhancing Project-Based Learning in Software Engineering Lab Teaching Through an E-Portfolio Approach. *IEEE Transactions on Education*, 55(4), 502–507. <https://doi.org/10.1109/TE.2012.2191787>
- Macias-Guarasa, J., Montero, J. M., San-Segundo, R., Araujo, A., & Nieto-Taladriz, O. (2006). A Project-Based Learning Approach to Design Electronic Systems Curricula. *IEEE Transactions on Education*, 49(3), 389–397. <https://doi.org/10.1109/TE.2006.879784>
- Marques, M., Ochoa, S. F., Bastarrica, M. C., & Gutierrez, F. J. (2018). Enhancing the Student Learning Experience in Software Engineering Project Courses. *IEEE Transactions on Education*, 61(1), 63–73. <https://doi.org/10.1109/TE.2017.2742989>
- Milentijevic, I., Ciric, V., & Vojinovic, O. (2008). Version control in project-based learning. *Computers & Education*, 50(4), 1331–1338. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.12.010>
- Miyashita, Y., Tanaka, T., & Hazeyama, A. (2018). Systematic Literature Review Regarding Communication Support in Project-Based Learning of Software Development. *2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications*



Conference (COMPSAC), 781–782.
<https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2018.00117>

Papadopoulos, P. M., Stamelos, I. G., & Meiszner, A. (2013). Enhancing software engineering education through open source projects: Four years of students' perspectives. *Education and Information Technologies*, 18(2), 381–397. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9239-3>

Paul, R. M., Jazayeri, Y., Behjat, L., & Potter, M. (2023). Design of an Integrated Project-Based Learning Curriculum: Analysis Through Fink's Taxonomy of Significant Learning. *IEEE Transactions on Education*, 66(5), 457–467. <https://doi.org/10.1109/TE.2023.3307974>

Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>

Raesinejad, N., Moshirpour, M., Behjat, L., & Afshar, Y. (2022). Design Decisions Matter: Conveying the Importance of Software Engineering Best Practices through Hybrid PBL. *2022 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/FIE56618.2022.9962418>

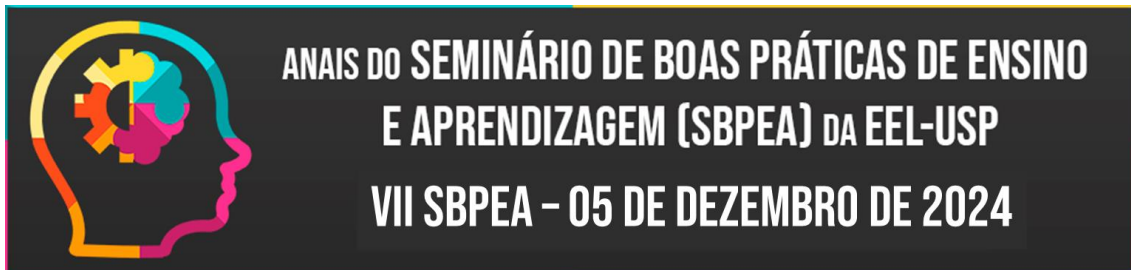
Renz, S. M., Carrington, J. M., & Badger, T. A. (2018). Two Strategies for Qualitative Content Analysis: An Intramethod Approach to Triangulation. *Qualitative Health Research*, 28(5), 824–831. <https://doi.org/10.1177/1049732317753586>

Rodriguez-Sanchez, M. C., Torrado-Carvajal, A., Vaquero, J., Borromeo, S., & Hernandez-Tamames, J. A. (2016). An Embedded Systems Course for Engineering Students Using Open-Source Platforms in Wireless Scenarios. *IEEE Transactions on Education*, 59(4), 248–254. <https://doi.org/10.1109/TE.2016.2526676>

Sankaranarayanan, S., Kandimalla, S. R., Bogart, C. A., Murray, R. C., Hilton, M., Sakr, M. F., & Rose, C. P. (2022). Collaborative Programming for Work-Relevant Learning: Comparing Programming Practice With Example-Based Reflection for Student Learning and Transfer Task Performance. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 15(5), 594–604. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3169121>

Secinaro, S., Brescia, V., Calandra, D., & Biancone, P. (2020). Employing bibliometric analysis to identify suitable business models for electric cars. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121503. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121503>

Shuman, L. J., Besterfield-Sacre, M., & McGourty, J. (2005). The ABET “Professional Skills” - Can They Be Taught? Can They Be Assessed? *Journal of Engineering Education*, 94(1), 41–55. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00828.x>



- Singh, P., & Singh, L. K. (2021). Engineering Education for Development of Safety-Critical Systems. *IEEE Transactions on Education*, 64(4), 398–405. <https://doi.org/10.1109/TE.2021.3062448>
- Stahl, D., Sandahl, K., & Buffoni, L. (2022). An Eco-System Approach to Project-Based Learning in Software Engineering Education. *IEEE Transactions on Education*, 65(4), 514–523. <https://doi.org/10.1109/TE.2021.3137344>
- Suleiman, A. D., Hou, D., Liu, Y., DeWaters, J., Small, M. M., de Souza, J. G., & Shepherd, D. (2023). Mapping Learning Objectives of Project-Based Undergraduate Software Engineering Courses to CC2020 Competency Model. *2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/FIE58773.2023.10342967>
- Thomas, J. (2000). *A Review of Research on Project-based Learning*. http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf
- Üstünel, H. (2020). A project based innovative approach to an embedded systems course laboratory in software engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(1), 160–166. <https://doi.org/10.1002/cae.22182>
- Warin, B., Talbi, O., Kolski, C., & Hoogstoel, F. (2016). Multi-Role Project (MRP): A New Project-Based Learning Method for STEM. *IEEE Transactions on Education*, 59(2), 137–146. <https://doi.org/10.1109/TE.2015.2462809>
- Watson, E. M., & Cutting, D. (2022). Engagement Contexts of Software Engineering Education Projects. *2022 31st Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/EAEEIE54893.2022.9820379>
- Wolfschwenger, P., Emara, M., Lumetsberger, W., Hatter, T., Sabitzer, B., & Lavicza, Z. (2022). The Developer's Journey: A Storytelling Framework for Cooperative Learning in Software Engineering. *Proceedings of the 14th International Conference on Computer Supported Education*, 525–533. <https://doi.org/10.5220/0011064300003182>
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>